

О СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ УДАРНОЙ ОСАДКЕ

В.А. Чайка, И.Н. Мехед, Е.И. Вербицкий

При осадке объекта, подвергнутого ударному нагружению, пластические деформации в нем распределяются в зависимости от скорости удара и характеристик, определяющих отношение материала к динамическому деформированию. Скоростное деформирование объектов типа стержня, к одному из концов которого приложен ударный импульс, приводит к появлению в нем упругой волны сжатия, за которой будет следовать, но медленнее, пластическая волна.

Теория пластических волн и немногочисленные эксперименты [1,2] показывают, что в объектах конечной длины, в результате взаимодействия прямых и отраженных упругих и пластических волн, распределение напряжений через некоторое время после удара становится чрезвычайно запутанным [2].

Вместе с тем, процессы обработки металлов давлением, в которых используется ударное пластическое деформирование, требуют нахождения основных зависимостей, отражающих главную сущность явлений.

Целью настоящей работы является установление практической зависимости между скоростью распространения деформаций и параметрами удара

Эксперименты производились на медных и свинцовых цилиндрических образцах диаметром 20 мм и длиной 30 мм и 60 мм. Свинцовые образцы были получены методом холодного выдавливания из предварительно отлитой болванки. Медные образцы вытачивались из медного прутка марки М1 и отжигались. Свободное осаживание производилось на жесткой плите. Образец резгонялся в пороховом копре до определенной скорости и тормозился о жесткую плиту. Скорость удара для свинцовых образцов варьировалась от 10 до 50 м/сек, медных образцов - от 40 до 200 м/сек. После осадки производился замер новой высоты образца с точностью до 0,1 мм и глубины распространения пластической деформации по длине цилиндрического образца. Последняя замерялась по разности продеформированного и начального диаметров в специальном индикаторном приспособлении с точностью до 0,01 мм.

Т а б л и ц а I

№ опыта	$U_{уд}$, м/сек.	Δh , мм	$\tau = \frac{\Delta h}{U_{уд}} \cdot \frac{1}{M}$	№ опыта	$U_{уд}$, м/сек.	Δh , мм	$\tau = \frac{\Delta h}{U_{уд}} \cdot \frac{1}{M}$
Высота Н = 30 мм				Высота Н = 60 мм			
1	71	3,6	0,0000507 I/м	1	60	6	0,0001 I/м
2	100	5	0,0000501 I/м	2	100	9,8	0,00099 I/м
3	80	4	0,00005 I/м	3	106	10,6	0,0001 I/м
4	49	2,5	0,0000510 I/м	4	130	13	0,0001 I/м
5	40	2,0	0,00005 I/м	5	200	20	0,0001 I/м
6	191	9,4	0,000049 I/м				

В табл. I приведены данные, полученные при деформировании медных образцов высотой в 30 и 60 мм при разных скоростях. Скорость удара замерялась при замыкании снарядом проволочных контактов, расположенных на расстоянии 20 мм, и подаче импульсов на двухлучевой катодный осциллограф. Одновременно на осциллограф посылался калибровочный сигнал от высокочастотного генератора. По этим данным, которые при каждом эксперименте фиксировались на фотопленку, рассчитывалась скорость удара образца.

В этой таблице скорость удара и абсолютная осадка получены непосредственно из опыта, время — величина, рассчитанная по опытным данным. При ее подсчете введен коэффициент "M", который связывает осредненную скорость деформирования со скоростью удара. Известно, что наибольшая скорость удара имеет место в начальный момент ударного деформирования и в конце процесса становится равной нулю. Выразим отношение осредненной скорости деформирования к скорости удара через "M"

$$M = \frac{U_{деф}^{ср}}{U_{уд}} \quad M \leq 1,$$

где $U_{деф}^{ср}$ — осредненная скорость деформирования, м/сек;
 $U_{уд}$ — скорость удара, м/сек;
M — коэффициент, учитывающий закон изменения скорости деформирования от скорости удара.

Следует предположить, что в определенном диапазоне скоростей величина M остается постоянной, т.е. приращение скорости удара вызывает пропорциональное приращение скорости деформирования. В этом

случае время деформации подсчитывается по формуле

$$\tau = \frac{\Delta h}{v_{деф}} = \frac{\Delta h}{v_{уд}} \cdot \frac{1}{M},$$

где Δh - абсолютная деформация цилиндрического образца по высоте, мм;

τ - время деформации, сек.

Как видно из табл. I время деформации для всех опытов с цилиндрическими медными образцами высотой в 30 мм практически постоянно, не зависит от скорости удара и составляет 0,0000503 сек. Время деформации медных образцов высотой 60 мм также одинаково, также не зависит от скорости удара и составляет 0,0001 сек. Небезынтересно отметить, что время деформации образцов 60 мм высоты вдвое больше времени деформации образцов 30 мм высоты.

Примеры образцов после деформации показали, что распространение пластической деформации по высоте охватывает практически весь объем. Так при скорости удара 40 м/сек. деформация в образце распространилась по высоте на 96%, при скорости удара 200 м/сек. - на 98%. Это позволяет сделать вывод о том, что распространение пластической деформации идет практически с постоянной скоростью, что подтверждается рядом исследований [3,4]. В работе [4] распространение пластической деформации с постоянной скоростью можно установить по снимкам, полученным высокоскоростным фотографированием процесса осадки медных образцов высотой 30 мм.

По проведенным нами экспериментам, а также учитывая работу [4], произведен подсчет скорости распространения пластической деформации при ударной осадке свинца и меди. В табл. 2 показаны значения этих величин и приведены константы материалов, характеризующие поведение материалов при ударных нагрузках.

Т а б л и ц а 2

Материал	Диапазон исследованных скоростей, м/сек	$\sqrt{\frac{\sigma_T}{\rho}}$, м/сек	Скорость распространения пластической деформации, м/сек
Свинец	5 + 28	33	200-233
Медь	40 + 200	84	570-590

σ_T - статический предел текучести, ρ - плотность.

В ы в о д ы

1. Показано экспериментами, что развитие пластической деформации в процессе удара идет с постоянной скоростью и не зависит от скорости удара в исследуемом диапазоне скоростей.

2. Подсчитаны скорости распространения деформации для свинца и меди.

Л и т е р а т у р а

1. А. Г а и п о в а . "Механика твердого тела", № 1, 1968.

2. В. Г о л ь д с м и т . Удар. Стройиздат, 1965.

3. L. E f r o n , L. M a l c e g n . "Exp. Mech." 9, N 6, 1969
9, № 6, 1969.

4. М. А. Б а р я н о в с к и й , Н. И. С т р и к е л ь ,
В. П. С е в е р д е н к о . "Вестник АН БССР", серия физико-техни-
ческих наук, № 4, 1968.